

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

23.07.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 7月 2日
Date of Application:

出願番号 特願2003-190300
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2003-190300]

出願人 株式会社荏原製作所
Applicant(s):

REC'D 10 SEP 2004

WIPO

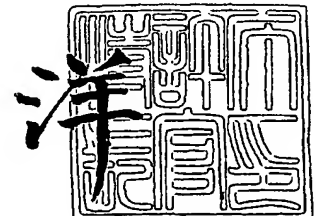
PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 8月26日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願

【整理番号】 EB3123P

【提出日】 平成15年 7月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B24B 21/00

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作
 所内

 【氏名】 佐々木 達也

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作
 所内

 【氏名】 山田 直史

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作
 所内

 【氏名】 勝間田 好文

【特許出願人】

 【識別番号】 000000239

 【氏名又は名称】 株式会社 荏原製作所

 【代表者】 依田 正稔

【代理人】

 【識別番号】 100091498

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 渡邊 勇

【選任した代理人】

 【識別番号】 100092406

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 堀田 信太郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100093942

【弁理士】

【氏名又は名称】 小杉 良二

【選任した代理人】

【識別番号】 100109896

【弁理士】

【氏名又は名称】 森 友宏

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 026996

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9112447

【包括委任状番号】 0018636

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 基板研磨装置および基板研磨方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 研磨対象基板を研磨する機構と、前記基板上に成膜された薄膜の厚みを計測する為の測定装置と、目標とする研磨後の薄膜厚みを入力する為のインタフェースと、過去の研磨速度を保存する記録領域と、研磨時間および研磨速度を算出する為の演算装置とを備え、

前記演算装置は、過去の 1 枚以上の研磨速度の履歴の中で、直近の処理結果に大きな重み付けをする重み付け平均法を用いて、最適研磨時間を算出する手段を備えたことを特徴とする基板研磨装置。

【請求項 2】 研磨対象基板を研磨する機構と、前記基板上に成膜された薄膜の厚みを計測する為の測定装置と、目標とする研磨後の薄膜厚みを入力する為のインタフェースと、過去の研磨速度を保存する記録領域と、研磨時間および研磨速度を算出する為の演算装置とを備え、

前記演算装置は、過去の研磨速度のバラツキ範囲から、過研磨しないためのマージンを与えた研磨時間を算出する手段を備えたことを特徴とする基板研磨装置。

【請求項 3】 研磨対象基板を研磨する機構と、前記基板上に成膜された薄膜の厚みを計測する為の測定装置と、目標とする研磨後の薄膜厚みを入力する為のインタフェースと、過去の研磨速度を保存する記録領域と、研磨時間および研磨速度を算出する為の演算装置とを備え、

較正用基板を保持するスペースと、前記較正用基板を前記測定装置迄搬送し、前記測定装置の較正を行う手段とを備えたことを特徴とする基板研磨装置。

【請求項 4】 研磨対象基板を研磨する機構と、前記基板上に成膜された薄膜の厚みを計測する為の測定装置と、目標とする研磨後の薄膜厚みを入力する為のインタフェースと、過去の研磨速度を保存する記録領域と、研磨時間および研磨速度を算出する為の演算装置とを備え、

前記演算装置は、上層、下層それぞれの膜種の研磨速度比、または、研磨機構に設けた膜厚測定器からの信号に基づき、複数に積層された薄膜のうちの少なく

とも一層の研磨速度、または、積層されたそれぞれの膜における研磨速度または最適研磨時間を算出する手段を備えたことを特徴とする基板研磨装置。

【請求項 5】 研磨対象基板を研磨する機構と、前記基板上に成膜された薄膜の厚みを計測する為の測定装置と、目標とする研磨後の薄膜厚みを入力する為のインタフェースと、過去の研磨速度を保存する記録領域と、研磨時間および研磨速度を算出する為の演算装置とを備え、

過去の 1 枚以上の研磨速度の履歴の中でも直近の処理結果に大きな重み付けを置き、重み付け平均法を用いて最適研磨時間を算出し、次に処理する基板の研磨に前記最適研磨時間を適用することを特徴とする基板研磨方法。

【請求項 6】 複数枚の前記基板をロット単位で処理する際に、ロット内の少なくとも最初の 1 枚を、初期膜厚、目標膜厚、過去の研磨速度バラツキ範囲の情報に基づいて、過研磨しない為のマージンを与えた研磨時間を算出し、該時間を用いて残りの基板を研磨することを特徴とする請求項 5 に記載の基板研磨方法。

【請求項 7】 先行研磨した 1 枚目の基板における最適研磨時間の算出を行うまで、ロット内の残りの基板を研磨せずに待機させ、前記 1 枚目の基板の研磨結果より新たに算出した最適研磨時間をもって、ロット内の次の基板または、前記 1 枚目の基板を目標膜厚まで研磨することを特徴とする請求項 6 に記載の基板研磨方法。

【請求項 8】 前記測定装置の較正に使用する較正用基板を装置内に保持し、一定期間毎に自動的に、該較正用基板を測定装置まで搬送し、較正作業を行うことを特徴とする請求項 5 に記載の基板研磨方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体ウェハ等の基板を研磨して平坦化するポリッシング装置等の基板研磨装置、および半導体ウェハ等の基板を研磨して平坦化する基板研磨方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体デバイスがますます微細化され素子構造が複雑になり、またロジック系の多層配線の層数が増えるに伴い、半導体デバイスの表面の凹凸はますます増え、段差が大きくなる傾向にある。半導体デバイスの製造では薄膜を形成し、パターンニングや開孔を行う微細加工の後、次の薄膜を形成するという工程を何回も繰り返すためである。

【0003】

半導体デバイスの表面の凹凸が増えると、薄膜形成時に段差部での膜厚が薄くなったり、配線の断線によるオープンや配線層間の絶縁不良によるショートが起こったりするため、良品が取れなかったり、歩留まりが低下したりする傾向がある。また、初期的に正常動作をするものであっても、長時間の使用に対しては信頼性の問題が生じる。更に、リソグラフィ工程における露光時に、照射表面に凹凸があると露光系のレンズ焦点が部分的に合わなくなるため、半導体デバイスの表面の凹凸が増えると微細パターンの形成そのものが難しくなるという問題が生ずる。

【0004】

従って、半導体デバイスの製造工程においては、半導体デバイス表面の平坦化技術がますます重要になっている。この平坦化技術のうち、最も重要な技術は、化学的機械的研磨（CMP（Chemical Mechanical Polishing））である。この化学的機械的研磨は、ポリッシング装置を用いて、シリカ（ SiO_2 ）等の砥粒を含んだ研磨液を研磨パッド等の研磨面上に供給しつつ半導体ウェハなどの基板を研磨面に摺接させて研磨を行うものである。

【0005】

この種のポリッシング装置は、研磨パッドからなる研磨面を有する研磨テーブルと、半導体ウェハを保持するためのトップリング又はキャリアヘッド等と称される基板保持装置とを備えている。このようなポリッシング装置を用いて半導体ウェハの研磨を行う場合には、基板保持装置により半導体ウェハを保持しつつ、この半導体ウェハを研磨テーブルに対して所定の圧力で押圧する。このとき、研磨テーブルと基板保持装置とを相對運動させることにより半導体ウェハが研磨面

に摺接し、半導体ウェハの表面が平坦かつ鏡面に研磨される。

【0006】

上述したポリッシング装置では、研磨速度が一定であれば、研磨量は研磨時間（処理時間）に比例する。このため、研磨時間の決定にあたっては、従来から以下の方法が採用されていた。即ち、まず1枚の半導体基板の研磨前における膜厚を測定する。続いて、その1枚の半導体基板を研磨装置で予め決めた一定時間に亘って研磨し、研磨後のその基板の膜厚を測定する。所要の研磨時間との関係から研磨速度を算定し、目標膜厚との関係から最適な研磨時間を計算する。そして、算出した研磨時間を用いて以降の半導体基板の研磨を行っている（例えば、特許文献1，2参照）。

【0007】

しかしながら、このようにして算出した研磨速度を単に次回に研磨する基板の研磨速度算出の基準として適用した場合には、研磨速度にバラツキがあり、その研磨速度が1枚限りの限定的なものであった場合には、後続して処理する基板の膜厚が目標値から大きくはずれる要因となる。このため、既に研磨が終了した半導体基板の研磨量及び研磨時間を記憶領域に保存し、これらのデータから平均研磨速度を算出し、この平均研磨時間に基づいて次回の研磨を行うことが提案されている（特許文献3参照）。この過去のデータに基づいて平均研磨速度を算出する手法では、逐一ロット毎に研磨速度を測定する手間が省け、さらに測定のバラツキも低減することができるという効果がある。

【0008】

しかしながら、ポリッシング装置における研磨速度は、研磨パッドの表面状態、研磨パッド表面の目立てを行うパッドコンディショナーの状態、研磨液の組成や供給温度、成膜工程における温度や圧力や材料の変動に伴う膜の物性値の不均一性、研磨温度の変動等に強く依存するものであり、常に平均研磨時間どおりに安定しているとは限らない。

【0009】

【特許文献1】

特許第3311864号

【特許文献2】

特開平10-106984号公報

【特許文献3】

特公平7-100297号公報

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は上述した事情に鑑みて為されたもので、過研磨による製造歩留まりの低下や、工程のやり直し（リワーク）による製造コストの増大を抑制し、目標とする残膜厚に正確に研磨することができる基板研磨装置及び基板研磨方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決する本発明の基板研磨装置は、研磨対象基板を研磨する機構と、前記基板上に成膜された薄膜の厚みを計測する為の測定装置と、目標とする研磨後の薄膜厚みを入力する為のインタフェースと、過去の研磨速度を保存する記録領域と、研磨時間および研磨速度を算出する為の演算装置とから構成され、前記演算装置は、過去の1枚以上の研磨速度の履歴の中で、直近の処理結果に大きな重み付けをする重み付け平均法を用いて、最適研磨時間を算出する手段を備えたことを特徴とするものである。

【0012】

ここで、前記演算装置は、過去の研磨速度のバラツキ範囲から、過研磨しないためのマージンを与えた研磨時間を算出する手段を備えることが好ましい。また、較正用基板を保持するスペースと、前記較正用基板を前記測定装置迄搬送し、前記測定装置の較正を行う手段とを備えることが好ましい。

【0013】

上記課題を解決する本発明の基板研磨方法は、過去の1枚以上の研磨速度の履歴の中でも直近の処理結果に大きな重み付けを置き、重み付け平均法を用いて最適研磨時間を算出し、次に処理する基板の研磨に前記最適研磨時間を適用することを特徴としている。

【0014】

ここで、複数枚の前記基板をロット単位で処理する際に、ロット内の少なくとも最初の1枚を、初期膜厚、目標膜厚、過去の研磨速度バラツキ範囲の情報に基づいて、過研磨しない為のマーヅンを与えた研磨時間を算出し、該時間を用いて残りの基板を研磨することが好ましい。

【0015】

この発明によれば、過去の処理結果の履歴の中で、直近の処理結果に大きな重み付けを有する重み付け平均法を用いて最適研磨時間を算出するようにしたものである。特に、化学的作用を研磨の原動力としたポリッシング装置では、研磨温度が研磨速度に大きな影響を及ぼし、温度が上昇している場合には、直近のデータに重み付けを与えることで、正確に現実の研磨速度を算出することが可能となる。一方で、平均データであるので、個々のデータのばらつきに依存しない研磨速度の算出が行える。従って、正確な研磨時間の算出が行え、過研磨を防止し、工程のやり直し（リワーク）による製造コストの増大を抑制することができる。

【0016】

ここで、過去の研磨速度のバラツキ範囲から過研磨しないためのマーヅンを与えた研磨時間を算出するようにしたので、直接製造歩留まりの低下やリワークの要因となる過研磨を防止することができる。また、較正用基板を装置内に保持し、一定時間毎に自動的にその較正用基板を測定装置まで搬送して較正作業を行うようにしたので、膜厚測定の基本となる測定装置の精度を、手間をかけることなく、安定に維持することが可能となる。

【0017】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について添付図面を参照して説明する。図1～図7は本発明に係る一実施形態を示す図である。

【0018】

図1は、本発明に係る基板研磨装置の各部の配置構成を示す平面図である。この基板研磨装置は、研磨面を有する研磨テーブルと、研磨対象の基板を保持して研磨テーブルの研磨面に押圧する基板保持装置と、基板上に形成されている膜の

膜厚を測定する膜厚測定装置と、を備えている。

【0019】

この基板研磨装置は、走行レール1003上を移動する搬送ロボット1004がカセット1001内にストックされている半導体ウェハなどの基板の取出・収納を行うとともに、その未研磨・研磨済みの基板を載置台1050および搬送ロボット1020に中継させてロータリートランスポーター1027との間を往復させる。そして、そのロータリートランスポーター1027上の基板を後述する基板保持装置のトップリング1に保持させつつ研磨テーブル100上に位置させることにより、複数枚の基板を連続して研磨処理することができるように、この基板研磨装置はシステム化されている。なお、図1において、1005、1022は洗浄機であり、研磨後の基板を洗浄乾燥することができるように構成されている。また、1036も研磨テーブルであり、基板を2段研磨することができるように構成されている。1038、3000は研磨テーブル100、1036のドレッシングを行うためのドレッサであり、1043はそのドレッサ1038を洗浄するための水桶である。

【0020】

この基板研磨装置には、研磨後に洗浄及び乾燥処理が完了した半導体ウェハ等の膜厚を測定するIn-line膜厚測定装置200を備えている。図1に示すように、搬送ロボット1004が研磨後のウェハをカセット1001内に収納する前、もしくは搬送ロボット1004が研磨前のウェハをカセット1001から取出した後(In-line)に、センサコイルによる渦電流信号、光学的手段による研磨面への入射および反射の光学信号、研磨面の温度信号、あるいはマイクロ波の反射信号などの単独または適切なる組合せから、その半導体ウェハなどの基板の導電性膜のCu膜やバリア層または、酸化膜等の絶縁膜の膜厚を測定する膜厚測定装置(測定手段)200が配置されている。そして、この基板研磨装置は、その基板の研磨中または／および研磨後に、導電性膜が配線部などの必要な領域を除いて除去され、または絶縁膜が除去されることをこれらのセンサ信号や計測値を監視することにより検出して、CMPプロセスの終点を決定し、適切な研磨処理を繰り返すことができるようになっている。

【0021】

また、図示しないが、研磨テーブル100には、研磨中の半導体ウェハ等の膜厚を測定するIn-situ膜厚測定装置を備えている。そして、これらの測定結果は、後述するコントローラに伝達され、研磨装置の動作データ（レシピ）の修正等に用いられる。そして、研磨ステップの各研磨プロセスの条件、たとえば研磨テーブル、トップリングの回転数、圧力等と連動して、センサ出力を単独または組合せることで、研磨ステップ毎の研磨対象物の金属膜、酸化膜などの非金属の厚膜から薄膜までの膜厚計測、相対増減変化を検出することで、研磨工程における各種の条件設定、例えば研磨終点の検出に用いられる。そして、これらの膜厚測定装置では、半導体ウェハの半径方向に区画された各領域の膜厚の計測が可能であり、基板保持装置の半導体ウェハの領域毎に加える押圧力は、膜厚測定装置による当該領域毎の膜厚の測定情報に基づいて調整される。

【0022】

この基板研磨装置の基板保持装置は、上述したように研磨対象である半導体ウェハ等の基板を保持して研磨テーブル上の研磨面に押圧して研磨する装置である。図2に示すように、基板保持装置を構成するトップリング1の下方には、上面に研磨パッド（研磨布）101を貼付した研磨テーブル100が設置されている。また、研磨テーブル100の上方には研磨液供給ノズル102が設置されており、この研磨液供給ノズル102によって研磨テーブル100上の研磨パッド101上に研磨液Qが供給されるようになっている。

【0023】

なお、市場で入手できる研磨パッドとしては種々のものがあり、例えば、ロデール社製のSUBA800、IC-1000、IC-1000/SUBA400（二層クロス）、フジミインコーポレイテッド社製のSurfin xxx-5、Surfin 000等がある。SUBA800、Surfin xxx-5、Surfin 000は繊維をウレタン樹脂で固めた不織布であり、IC-1000は硬質の発泡ポリウレタン（単層）である。発泡ポリウレタンは、ポーラス（多孔質状）になっており、その表面に多数の微細なへこみ又は孔を有している。

【0024】

トップリング 1 は、自在継手部 10 を介してトップリング駆動軸 11 に接続されており、トップリング駆動軸 11 はトップリングヘッド 110 に固定されたトップリング用エアシリンダ 111 に連結されている。このトップリング用エアシリンダ 111 によってトップリング駆動軸 11 は上下動し、トップリング 1 の全体を昇降させると共にトップリング本体 2 の下端に固定されたりテーナリング 3 を研磨テーブル 100 に押圧するようになっている。トップリング用エアシリンダ 111 はレギュレータ RE1 を介して圧縮空気源 120 に接続されており、レギュレータ RE1 によってトップリング用エアシリンダ 111 に供給される加圧空気の空気圧等の流体圧力を調整することができる。これにより、リテーナリング 3 が研磨パッド 101 を押圧する押圧力を調整することができる。

【0025】

また、トップリング駆動軸 11 はキー（図示せず）を介して回転筒 112 に連結されている。この回転筒 112 はその外周部にタイミングプーリ 113 を備えている。トップリングヘッド 110 にはトップリング用モータ 114 が固定されており、上記タイミングプーリ 113 は、タイミングベルト 115 を介してトップリング用モータ 114 に設けられたタイミングプーリ 116 に接続されている。従って、トップリング用モータ 114 を回転駆動することによってタイミングプーリ 116、タイミングベルト 115、及びタイミングプーリ 113 を介して回転筒 112 及びトップリング駆動軸 11 が図示しない機構により、昇降自在に一体に回転し、トップリング 1 が回転する。なお、トップリングヘッド 110 は、フレーム（図示せず）に固定支持されたトップリングヘッドシャフト 117 によって支持されている。

【0026】

研磨時には、吸着部による半導体ウェハ W の吸着を解除し、トップリング 1 の下面に半導体ウェハ W を保持させると共に、トップリング駆動軸 11 に連結されたトップリング用エアシリンダ 111 を作動させてトップリング 1 の下端に固定されたりテーナリング 3 を所定の押圧力で研磨テーブル 100 の研磨面に押圧する。この状態で、圧力室 22、23、中心部圧力室、及び中間部圧力室にそれぞれ

れ所定の圧力の加圧流体を供給し、半導体ウェハWを研磨テーブル100の研磨面に押圧する。そして、研磨液供給ノズル102から研磨液Qを流すことにより、研磨パッド101に研磨液Qが保持され、半導体ウェハWの研磨される面（下面）と研磨パッド101との間に研磨液Qが存在した状態で研磨が行われる。

【0027】

この基板研磨装置の研磨対象の半導体ウェハ上には、配線を形成するためにSiO₂膜に設けられた溝中に銅めっき膜が成膜されているとともに、その下地材料としてバリア層が成膜されている。この基板研磨装置の研磨対象の半導体ウェハの最上層にSiO₂膜等の絶縁膜が成膜されているときには、光学式センサやマイクロ波センサによりその絶縁膜の膜厚を検知する。光学式センサの光源としては、ハロゲンランプやキセノンフラッシュランプ、LED、レーザー光源などが用いられる。基板研磨装置は、その半導体ウェハ上で不要な領域（配線領域外など）における絶縁膜や導電性膜などの研磨対象膜を除去するために、その研磨対象膜の有無を各種センサにより、例えば図2に示すように、渦電流センサ202によりその研磨対象膜の膜厚を検出し、膜厚測定装置200で研磨対象膜の膜厚を測定しつつ、コントローラ400がその半導体ウェハWの表面上の研磨処理を制御する。

【0028】

図3は基板研磨装置の制御系の概略構成を示す。この研磨装置301には、上述したように研磨対象基板を研磨する研磨テーブル及び基板保持部材等からなる研磨部302と、研磨テーブルの研磨面に目立てを行うドレッシング部303と、洗浄部304と、半導体ウェハをカセットからロード・アンロードする取出収納部305等を備えている。そして、取出収納部305において取り出された基板は搬送部306により研磨部302や洗浄部304等に送られる。

【0029】

そして、この研磨装置301においては、膜厚測定部307を備え、研磨前後の膜厚及び研磨時間等のデータを制御装置308の記憶領域308aに保存する。制御装置308には演算装置308bを備え、研磨終了後の基板の膜の研磨量及び研磨時間から研磨速度を算出し、同様に記憶領域308aに保存する。従っ

て、この研磨装置301においては、研磨が終了すると、その都度除去膜厚量及び研磨時間のデータが記憶領域308aに保存され、演算装置308bにて研磨速度が算定され、そのデータが再び記憶領域308aに保存される。また、インタフェース310は、各種のデータを作業者と装置との間で入出力できるようになっている。

【0030】

この演算装置308bには、重み付け平均法を用いた研磨速度の演算手段を備えている。図4は、この演算手段の構成例を示す。記憶領域308aには、過去の研磨済みの基板の研磨速度データ X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 , ...が収容されている。ここで、 X_1 が前回の基板の研磨速度データであり、 X_2 がその前の基板の研磨速度データであり、順番に配列されている。そして、重み付けデータ記憶部308cには重み付けの係数が保存されている。この重み付け係数は上述したインタフェース310を介して適宜の数値が入力される。ここで、重み付け係数 a , b , c , d , e は、 a がもっとも大きな数値であり、 b が a よりも小さくなり、この順番で e がもっとも小さな数値となっている。例えば $a=4$, $b=2$, $c=1$, $d=0.5$, $e=0.25$ であり、直近の係数程、重み付けが大きくなっている。そして、演算装置308bには、重み付け演算法による演算手段

$$X_0 = (aX_1 + bX_2 + cX_3 + dX_4 + eX_5) / (a + b + c + d + e)$$

が収容されている。

【0031】

次に、重み付け平均法の具体例について説明する。研磨速度の変化が比較的急激なとき、例えば5枚のウェハを研磨した際に研磨速度が、 100 nm/min (1枚目)、 105 nm/min (2枚目)、 110 nm/min (3枚目)、 115 nm/min (4枚目)、 120 nm/min (5枚目)と推移したときに、通常の平均で求めた平均研磨速度は、

$$(100 + 105 + 110 + 115 + 120) / 5 = 110 [\text{nm/min}]$$

となる。一方、重み付け平均速度は、

$$(a \times 100 + b \times 105 + c \times 110 + d \times 115 + e \times 120) / (a + b + c + d + e)$$

で求められ、直前の結果をより重視出来るよう、上述したように、直近程係数が高くなるように設定する。これにより、重み付け平均法による平均研磨速度は、

$$(0.25 \times 100 + 0.5 \times 105 + 1 \times 110 + 2 \times 115 + 4 \times 120) / (0.25 + 0.5 + 1 + 2 + 4) \\ = 115.8 [\text{nm}/\text{min}]$$

となる。従って、遥かに直近データに対する応答性が良くなることが判る。

【0032】

より高い応答性を求めるのであれば、上述した特許文献1等に見られるように直前の1枚から研磨速度を算出する方法もある。しかしながら、例えば研磨速度が、

100 nm/min (1枚目)、

90 nm/min (2枚目)、

110 nm/min (3枚目)、

100 nm/min (4枚目)、

90 nm/min (5枚目)、

110 nm/min (6枚目)、

…であるとする、±10%の範囲でばらついていることになる。

【0033】

目標研磨量が500 nmであった場合、1枚前の研磨結果のみを参照して研磨時間を計算すると、

【表1】

半導体ウェハ	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
研磨速度 [nm/min]	100	90	110	100
実測研磨時間 [min]	5.0	5.6	4.6	5
算出研磨時間 [min]	—	5.0	5.6	4.6
研磨量ズレ [nm]		+54	-110	+40

となる。このため、研磨速度の短期的な変動が生じた場合、最適研磨量との差をより増幅させてしまうことになる。

【0034】

重み付け平均法を用いれば、右肩上がり等の長期的な傾向を持った研磨速度の変化に対する高い応答性を得るとともに、短期的な変動を柔軟に吸収できるロバ

ストな制御が可能となる。特に、研磨速度と温度との関係は、次のアレニウスの式によって表される。

$$k = A * \exp(-E_a / RT)$$

k : 反応速度

A : 定数

R : 気体定数

E_a : 活性化エネルギー

T : 絶対温度

このように、研磨温度の上昇は研磨速度の異常上昇の要因となることが知らされており、重み付け平均法で求めた平均速度が効果的に正確な研磨時間の算出に寄与することができる。

【0035】

次に、基板をロット単位で処理する際に用いる方法について説明する。この制御装置 308 には、過去の研磨速度のバラツキ範囲から過研磨しないためのマージン（余裕、許容範囲）を与えた研磨時間を算出する手段を備えている。そして、複数枚の基板をロット単位で処理する際に、ロット内の少なくとも最初の 1 枚を、初期膜厚、目標膜厚、過去の研磨速度バラツキ範囲の情報に基づいて、過研磨しないためのマージンを与えた研磨時間を算出し、その時間を用いて基板を研磨するようにしている。

【0036】

ここで、過去の研磨速度バラツキ範囲の情報とは、例えば少なくとも過去数ロット分のロット内及びロット間の研磨速度のバラツキを意味する。尚、研磨対象基板の 1 枚の面内にもバラツキが存在するが、これは面内複数点の測定結果を平均してその基板の研磨速度としている。また、マージンは、過去のデータから次に研磨する基板に対する研磨速度を算出するに際して、研磨対象の基板に過研磨が生じないためのものである。

【0037】

例えば、マージンは、

$$1 \text{ 枚目の研磨時間} = \text{研磨量} / (\text{平均研磨速度} \times 120\%)$$

または、 $\text{= 研磨量} / \text{過去の最大研磨速度}$

または、 $\text{= (研磨量} \times 80\%) / \text{平均研磨速度}$

等によって求められる。

【0038】

尚、実際の運用において、ロット内の1枚目を慎重に削るのは、次の場合に特に必要である。

- a. パッドやコンディショナーを交換したとき、
- b. トップリングの消耗品を交換したとき、
- c. ロット処理後、次のロット処理までの長時間の装置停止（アイドル時間）があったとき。

これらの状態では、パッドの温度変化が起り得るので、研磨速度が変わってしまう可能性がある為である。

【0039】

次に、膜厚測定装置の較正について説明する。この研磨装置301内には、膜厚値が既知の較正用基板を保持するスペースを有している。そして、そのスペースから一定期間毎（例えば、週に1回、或いは1日1回）、この膜厚測定装置の較正を行う手段を備えている。この膜厚測定装置は、高精度に膜厚測定ができることが大前提である。このため、日常の点検及び較正が欠かせない。

【0040】

さらに、膜厚測定装置がタンゲステンハロゲンランプに代表される光源を搭載した光干渉式膜厚測定計や分光エリクソン膜厚測定機だった場合には、ランプ寿命が近づくとつれて光量低下が生じる。このため、光量低下が発生した場合には測定時の露光時間（積分時間）を長くすることによって測定精度（S/N比）を維持する較正が必要である。従来はこのような点検及び較正作業は主として作業者により行われていたが、非常に手間のかかる仕事であった。上述したように、本発明の研磨装置においては、較正用基板を研磨装置内に内蔵し、これを制御装置の指令により自動的に較正作業を行うようにしたので、これらの手間が省け、高い精度の膜厚測定が可能となる。

【0041】

次に、例えば上層がTa₂N膜からなり、下層がSiO₂からなる二層膜の研磨について説明する。この制御装置は、上層と下層のそれぞれの膜種の研磨速度比、または研磨機構に設けた膜厚測定器からの信号に基づき、複数の積層薄膜のうちの少なくとも一層の研磨速度、または積層されたそれぞれの膜における研磨速度を算出する手段を備えている。そして、この算出された研磨速度に基づいて研磨時間の最適化を図るようにしている。

【0042】

例えば、図5に示すように、当初SiO₂膜50nmの下層膜の上にTa₂N膜20nmが存在する二層膜において、60秒の研磨によってTa₂N膜20nm及びSiO₂膜10nmが除去されたとする。この場合に、SiO₂膜/Ta₂N膜のそれぞれの研磨速度が不明につき、SiO₂膜の厚みを35nmまで削るのに最適な時間を算出することができない。

【0043】

しかしながら、例えばTa₂N膜とSiO₂膜との研磨速度の比が2:1であった場合に、SiO₂膜の研磨速度は次式により求められる。

$$\begin{array}{ll} \text{Ta}_2\text{N膜の除去膜厚} & : x \text{ (nm)} \\ \text{SiO}_2\text{膜の除去膜厚} & : y \text{ (nm)} \\ \text{研磨時間} & : t \text{ (sec)} \end{array}$$

【数1】

$$\frac{x(\text{nm}) \div \frac{2(\text{Ta}_2\text{N})}{1(\text{SiO}_2)} + y(\text{nm})}{t(\text{sec})} = \text{SiO}_2\text{膜の研磨速度}[\text{nm/sec}]$$

ここで、上記例の場合には、

$$\begin{array}{ll} \text{Ta}_2\text{N膜の除去膜厚} & : x = 20 \text{ (nm)} \\ \text{SiO}_2\text{膜の除去膜厚} & : y = 50 - 40 \text{ (nm)} \\ \text{研磨時間} & : t = 60 \text{ (sec)} \end{array}$$

であるので、下記の演算により求められる。

【数 2】

$$\frac{20nm \div \frac{2(TaN)}{1(SiO_2)} + (50-40)nm}{60sec} = 0.33 \dots [nm/sec]$$

これにより、SiO₂膜を35nmまで研磨するのに必要な追加研磨時間は、
(40-35)/0.33=15(sec)となる。

【0044】

また、研磨中に膜厚の測定が可能ないわゆる（図2で示すような渦電流センサ又は光学センサによる膜厚測定装置等の）In-situモニタによりTaN膜のエンドポイントを取得する例について説明する。図6（a）に示すように、当初の膜厚が、下層がSiO₂膜50nmであり、上層がTaN膜20nmである場合に、30秒後に図6（b）に示すようにバリアメタル（TaN膜）の研磨終了をIn-situモニタにより検出したとする。30秒間の研磨によりIn-situモニタによりエンドポイントを検出し、TaN膜20nmの研磨が終了したということは、

$$TaN膜の研磨速度 = 20nm/30sec = 0.66 \dots (nm/sec)$$

を算出することができる。このときには、SiO₂膜が50nmである。そして、これらの2種類の膜の研磨速度比が2:1であることから、

$$SiO_2膜の研磨速度 = (50-40)nm/30sec = 0.33 \dots (nm/sec)$$

を算出することができる。従って、30sec研磨することで、図6（c）に示す目標膜厚となる。

【0045】

また、エンドポイントで、TaN膜の研磨時間がわかれば、選択（研磨速度）比を用いなくとも、最適研磨時間の算出が可能である。例えば、TaN膜20nmとSiO₂膜10nmを研磨により除去するのに60secかかり、TaN膜20nmを除去するのに、30secかかったことがIn-situモニタによるエンドポイント検出を用いて、判明したとする。SiO₂膜50nmから40nmの研磨は、(60-30)secの所要時間であるので、研磨速度は

$$(50-40)/(60-30) = 0.33 \dots [nm/sec]$$

となる。従って、 SiO_2 膜の目標膜厚が35nmであった場合、追加研磨時間は

$$(40-35)\text{nm}/0.33(\text{nm/sec})=15\text{sec}$$

となる。

【0046】

また、図7(a)(b)に示すように、例えばSi基板にSiN膜をマスクとしてエッチング溝が設けられていて、その溝の内部を含めて SiO_2 膜が堆積されている場合に、研磨によりSiN膜上の SiO_2 膜の研磨終点が検出されると、研磨速度比とエンドポイントモニタ出力に基づいて、SiN膜の目標膜厚までの所要研磨時間を算定することができる。これにより、図7(b)に示すような、Si基板に設けられた溝に SiO_2 膜が埋め込まれ、表面が平坦化された構造(Shallow Trench Isolation)が正確な膜厚制御のもとに形成される。

【0047】

これまで本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、その技術的思想の範囲内において種々異なる形態にて実施されてよいことはいうまでもなく、例えば、基板研磨装置やその構成例は、上述の図示例にのみ限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

【0048】

【発明の効果】

本発明によれば、正確な研磨速度の算出が行え、これにより正確な残膜厚の制御が行える基板研磨装置及び基板研磨方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る基板研磨装置の各部の配置構成を示す平面図である。

【図2】

その研磨テーブル周辺の概略構成を示す一部断面説明図である。

【図3】

その基板研磨装置の制御系の概略構成を示すブロック図である。

【図 4】

その重み付け平均法による演算手段の構成を示す図である。

【図 5】

二層膜の膜厚の変化例を示す図である。

【図 6】

他の二層膜の膜厚の変化例を示す図である。

【図 7】

同じく、他の二層膜の膜厚の変化例を示す図である。

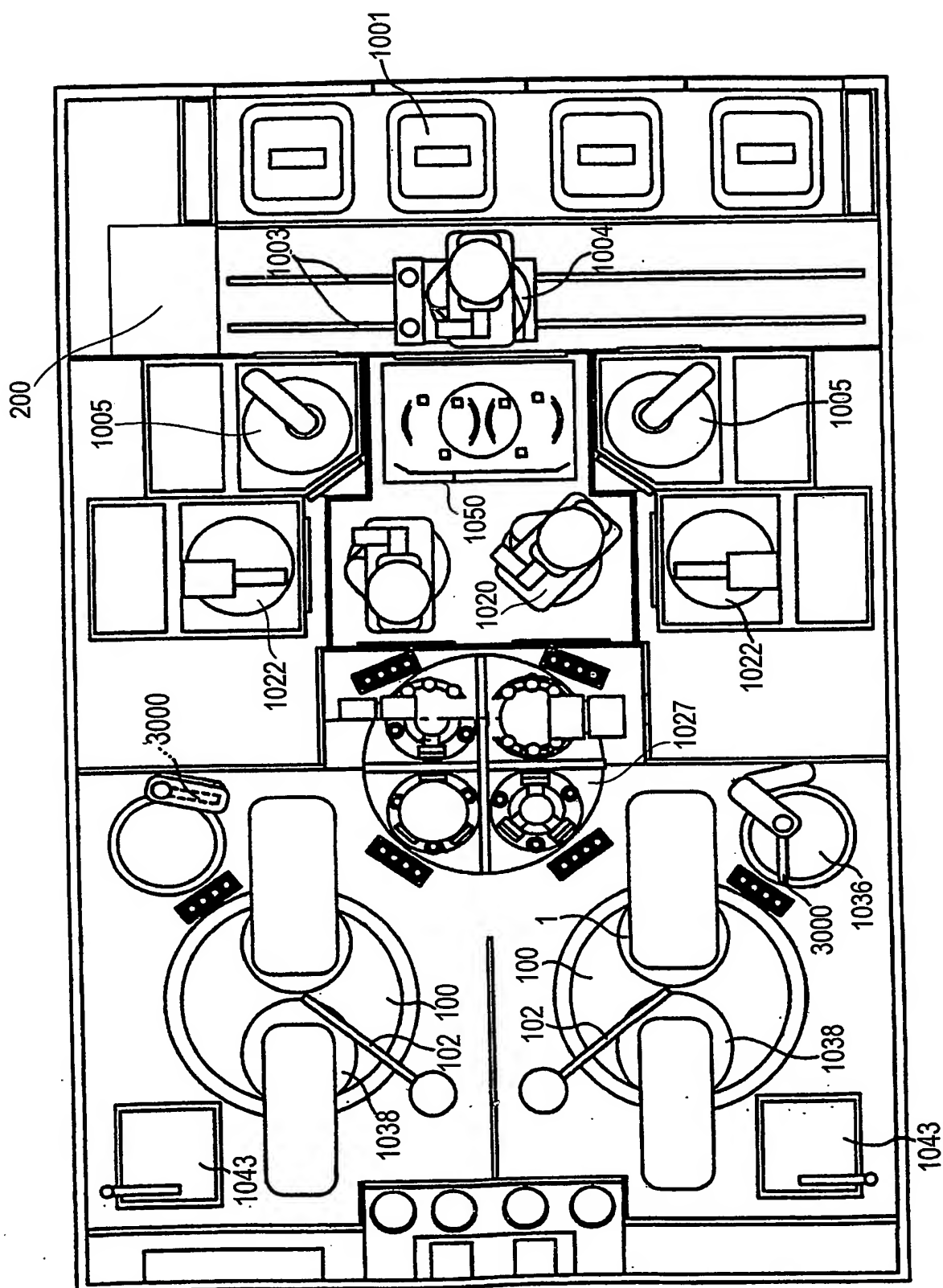
【符号の説明】

- 1 トップリング
- 3 リテーナリング
- 1 0 自在継手部
- 1 1 トップリング駆動軸
- 2 2, 2 3 圧力室
- 1 0 0 研磨テーブル
- 1 0 1 研磨パッド
- 1 0 2 研磨液供給ノズル
- 1 2 0 圧縮空気源
- 2 0 0 膜厚測定装置
- 3 0 1 研磨装置
- 3 0 2 研磨部
- 3 0 3 ドレッシング部
- 3 0 4 洗浄部
- 3 0 5 取出収納部
- 3 0 6 搬送部
- 3 0 7 膜厚測定装置
- 3 0 8 制御装置
- 3 0 8 a 記憶領域
- 3 0 8 b 演算装置

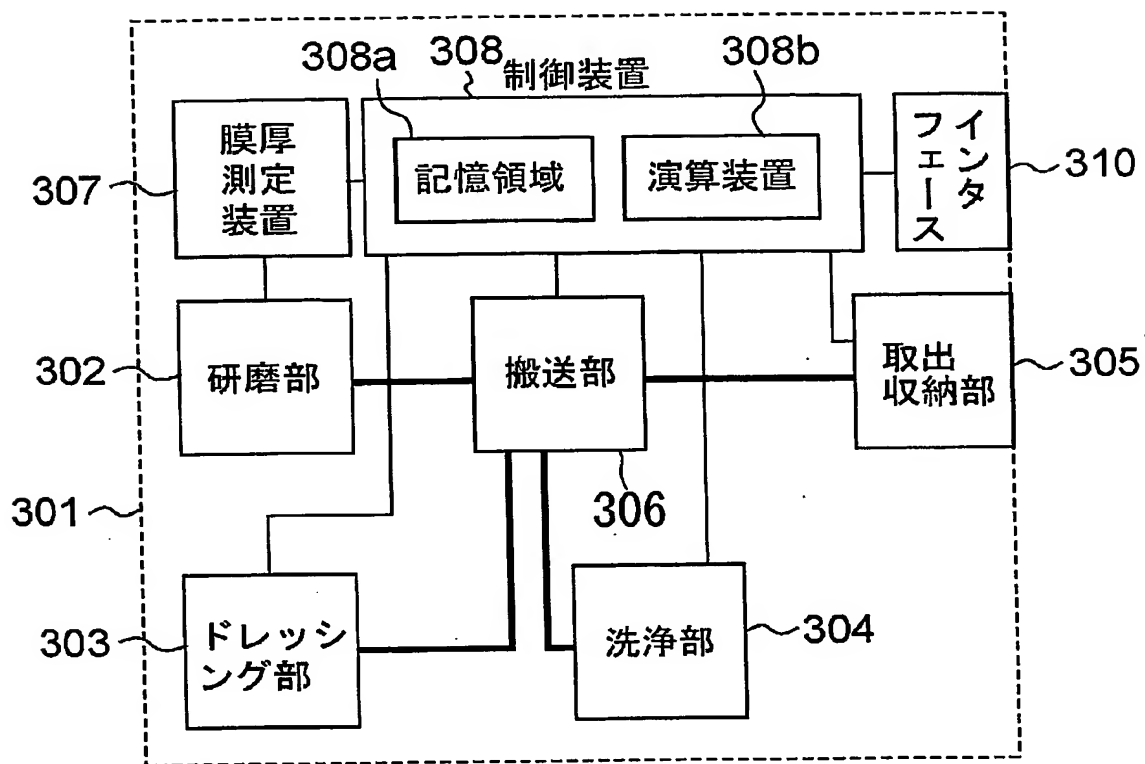
310 インタフェース
400 コントローラ
1001 カセット
1003 走行レール
1004, 1020 搬送ロボット
1027 ロータリートランスポーター
1050 載置台
W 半導体ウェハ

【書類名】 図面

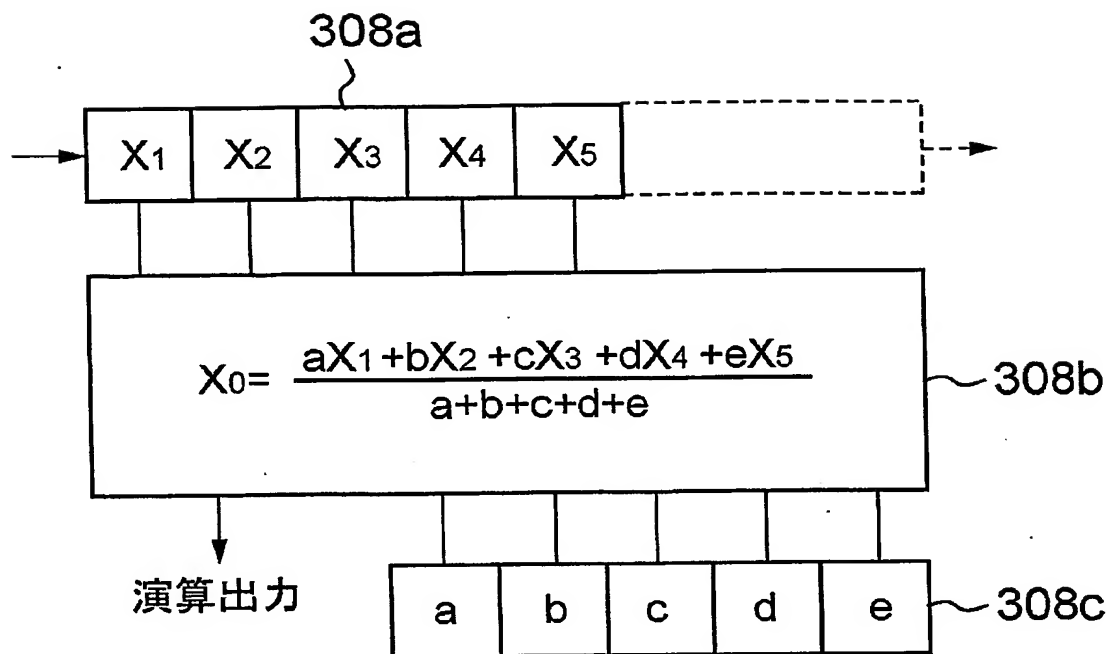
【図 1】



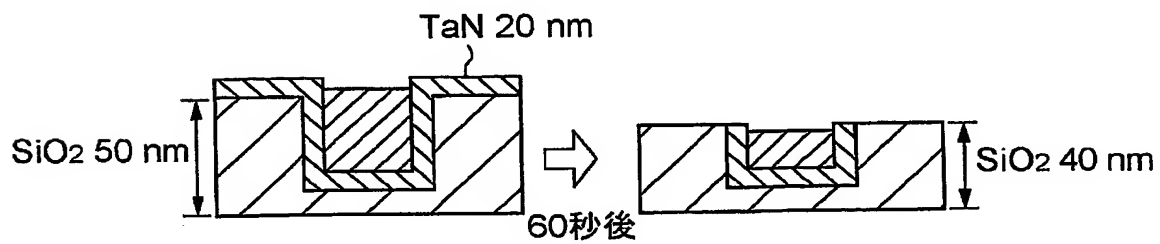
【図 3】



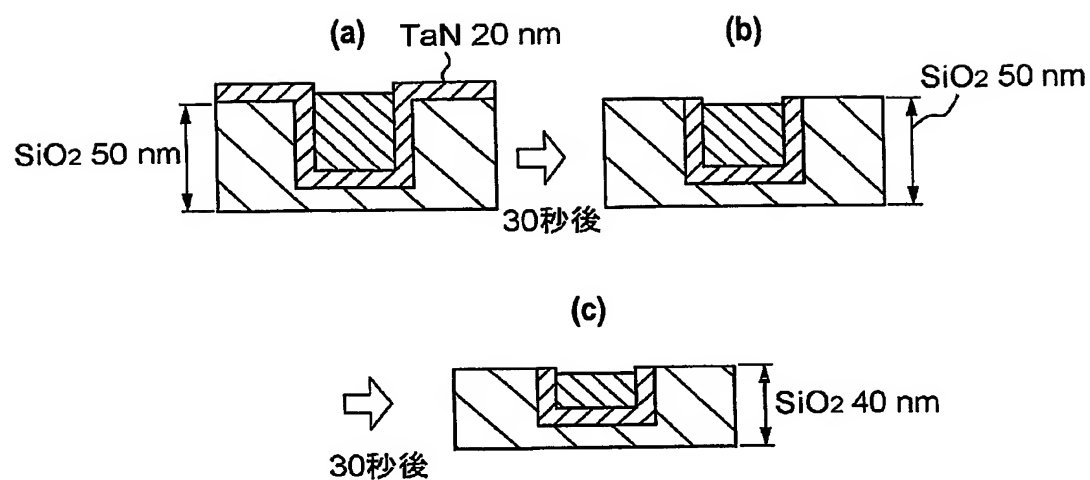
【図 4】



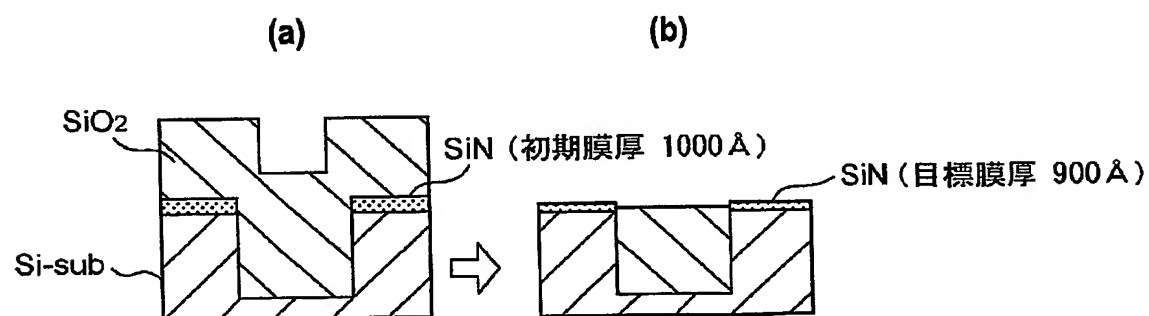
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 過研磨による製造歩留まりの低下や、工程のやり直し（リワーク）による製造コストの増大を抑制し、目標とする残膜厚に正確に研磨することができる基板研磨装置及び基板研磨方法を提供する。

【解決手段】 研磨対象基板を研磨する機構 302 と、基板上に成膜された薄膜の厚みを計測する為の測定装置 307 と、目標とする研磨後の薄膜厚みを入力する為のインタフェース 310 と、過去の研磨速度を保存する記録領域 308a と、研磨時間および研磨速度を算出する為の演算装置 308b とから構成され、演算装置は、過去の 1 枚以上の研磨速度の履歴の中で、直近の処理結果に大きな重み付けをする重み付け平均法を用いて、最適研磨時間を算出する手段を備えている。

【選択図】 図 3

特願 2 0 0 3 - 1 9 0 3 0 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 0 2 3 9]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号

氏 名 株式会社荏原製作所